

A kálium műtrágyázás hatása a búza, kukorica és takarmányborsó termésére és tápanyagtartalmára

KOZÁK MÁTYÁS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Hazánk szántóterületének mintegy 20 %-át kitevő homoktalajok, különösen a Duna-Tisza közén nagy összefüggő területet elfoglaló karbonátos gyengén humuszos és csernozjomjellegű homoktalajok tápanyagkészlete, felvehető foszfor- és káliumtartalma csekély [5]. A homoktalajok gyenge termékenységének egyik fontos oka gyakran a nem kielégítő tápanyag-ellátottság, a nem megfelelő tápanyag-szolgáltatóképesség. A kálium műtrágyázás hatékonyságának vizsgálata, azon túl, hogy a kálium műtrágyahatás megítélésében mutatkozó ellentmondások tisztázását elősegítené, hozzájárulhat a homoktalajok termékenységének növeléséhez is. Homoktalajainkon a korábbi években az intenzív kálium műtrágyázást a kilúgzódási veszteségtől való túlzott félelem is gátolta. Korábbi munkáinkban [4, 5] kimutattuk, hogy a magyarországi semiarid klíma alatt a kálium műtrágyák legnagyobb része a talaj művelt (0 – 30 cm) rétegében marad. Klímánknak megfelelő átlagos időjárású években jelentős kilúgzási veszteségtől általában nem kell tartani, a csapadékosabb években jelentkező kismértékű kálium kilúgzódás nem limitálhatja a kálium műtrágyák felhasználását. A kilúgzódási veszteség indokolatlanul nagy kálium műtrágya adagok alkalmazása esetében, különösen olyan mélyenfekvő homoktalajokon, ahol a talajvíz szintje aránylag a felszínhez közel (1 – 1,5 m) van, jelentős is lehet. A nyugat-európai humid klíma alatt homoktalajokon nagyobb kálium kilúgzás jelentkezhet, aminek következtében egyes szerzők [3] nem javasolják a kálium előre-trágyázást ezeken a talajokon. Feltételezésünk szerint a magyar homoktalajokon a kálium műtrágyák periodikus alkalmazása, a kálium előretrágyázás perspektivikus lehet.

Jelentősebb kálium hatást homoktalajokon beállított kísérleteinkben kukorica, takarmány sárgarépa és burgonya jelzőnövényeknél tapasztaltunk. A búza és rozs terméseredményeiben a kálium hatása csak kismértékben mutatható ki, a foszfor-kálium kölcsönhatás viszont kísérleteink túlnyomó részében megállapítható volt [5, 8].

A növények káliumszükségletét, a kálium műtrágyázás hatását az eddigi tapasztalatok alapján a nitrogén és foszfor műtrágyázás szintje, a talajok felvehető káliumtartalma, a talaj pH értéke, CaCO_3 és humusztartalma, valamint kálium szolgáltatóképessége [1, 2, 9, 10, 11] is megszabja.

Rendszeres pozitív kálium-mérleg esetén kálium műtrágyázással a karbonátos homoktalajok kis felvehető káliumtartalma, a könnyen oldható káliumkészlet növelhető.

A kísérletek körülményei

A bevezetőben említett feltételezések igazolására kisparcellás tartamkísérleteket állítottunk be az Őrbottyáni kísérleti telepünkön. Két kisparcellás tartamkísérletet indítottunk különböző termékenységi karbonátos homoktalajokon. Az I. sz. kísérletet csernozjom-jellegű homoktalajon búza-kukorica-kukorica-búza a II. sz. kísérletet pedig meszes erodált gyengén humuszos homoktalajon búza-takarmányborsó-búza-takarmányborsó jelzőnövényekkel állítottuk be. A tartamkísérletek első 4 éves szakaszát mutatjuk be, búza (*Jubilejnaja*), kukorica (*Mv-530*) és takarmányborsó (*Viktória*) fajtákkal.

A kísérletek talajának fontosabb agrokémiai jellemzőit az 1. táblázatban mutatjuk be, az adatok 40 — 40 parcella mintáinak átlagai. Az I. kísérlet talaja csernozjom-jellegű homoktalaj, a humuszos szint vastagsága 60 — 70 cm, átlagos humusztartalma 0,9 — 1,0 % között változik, gyengén meszes, pH-H₂O értéke 7,2 — 7,3, felvehető tápanyagokkal gyengén ellátott, AL-oldható foszfor és káliumtartalma 6 — 8 mg %. A II. kísérlet talaja gyengén humuszos meszes homoktalaj. A humuszos szint vastagsága 40 — 50 cm-re tehető, átlagos humusztartalma 0,5 — 0,6 %, CaCO₃ tartalma 5 — 7 %, pH H₂O értéke 7,5 — 7,8, felvehető tápanyagokkal gyengén ellátott.

A kísérletekben két NP szinten (N₁₀₀P₆₀ és N₂₀₀P₁₂₀) K₀ — K₁₆₀ adagú kálium műtrágyázás hatását vizsgáltuk a növények termésére, tápanyagtartalmára, a kivont tápanyagok mennyiségére és a talaj felvehető (NH₄-laktát oldható) foszfor és káliumtartalmára. Mindkét kísérletben azonos 10 kezelést állítottunk be, 4 ismétléssel (kétféle típusú; 2 × 4 + 2 típusú). A kísérletek kezeléseit a 2. táblázat szemlélteti. A nitrogén műtrágya felét őszi, felét tavasszal adtuk pétisó alakjában, a foszfor (gran. szuperfoszfát) és kálium (40 %-os kálisó) műtrágyákat őszi leszántva alkalmaztuk.

A két kísérlet közvetlenül egymás mellett helyezkedik el, így azonos jelzőnövény esetén arról is nyerhetünk képet, hogy a talajtulajdonságok

1. táblázat

A kisparcellás kísérletek talajainak fontosabb agrokémiai jellemzői
(40—40 adat átlaga)

(1) A kísérlet megnevezése	CaCO ₃ , %	pH		h _{y1}	(2) Δκ	(3) Humuszos szint vastagsága, cm	(4) Hu- muzs, %	(5) AL-oldható	
		H ₂ O	KCl					P ₂ O ₅	K ₂ O
a) Búza — kukorica dikultúra, csernozjom-jellegű homoktalaj	0,9	7,3	7,0	0,74	28	64	0,97	6,2	5,9
b) Búza — takarmány borsó dikultúra, gyengén humuszos meszes homoktalaj	6,8	7,7	7,4	0,59	26	43	0,53	7,1	6,0

2. táblázat

A kisparcellás tartamkísérletek kezelései (kg/ha)

(1) Kezelések száma, jele	(2) Nitrogén*		(3) Foszfor (összel)	(4) Kálium (összel)	(5) 4 év alatt összesen		
	összel	tavasszal			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Kontroll	—	—	—	—	—	—	—
2. N ₁₀₀ P ₆₀ K ₀	50	50	60	—	400	240	—
3. N ₁₀₀ P ₆₀ K ₄₀	50	50	60	40	400	240	160
4. N ₁₀₀ P ₆₀ K ₈₀	50	50	60	80	400	240	320
5. N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₂₀	50	50	60	120	400	240	480
6. N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₀	100	100	120	—	800	480	—
7. N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₄₀	100	100	120	40	800	480	160
8. N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₈₀	100	100	120	80	800	480	320
9. N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	100	100	120	120	800	480	480
10. N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₁₆₀	100	100	120	160	800	480	640

* Takarmányborsó: N₅₀ és N₁₀₀ (4 év alatt: N₂₀₀ és N₄₀₀).

milyen mértékben befolyásolták a terméseredményeket, valamint az összes többi vizsgált paramétert.

A tartamkísérletek első 4 éves időszakára jellemző csapadékviszonyokat a 3. táblázat szemlélteti. A szélsőséges éghajlatot jól jellemzi, hogy a 4 éves időszak alatt száraz, csapadékos és az átlagosnak megfelelő év egyaránt előfordult. A kísérlet első éve a búza szempontjából kedvezően csapadékos volt, májusi csapadék-maximummal. Ugyanilyen kedvezőnek mondhatjuk a 2. év április-szeptemberi időszakát, ez elsősorban a jó kukorica

3. táblázat

A tartamkísérletek első 4 éves időszakára jellemző csapadékadatok (mm), (Őrbottyán)

(1) Hónap	1. év (1971)		2. év (1972)		3. év (1973)		4. év (1974)		(2) 50 éves átlag
	év	D	év	D	év	D	év	D	
I.	58	+31	16	-11	25	-2	37	+10	27
II.	16	-10	31	+5	42	+16	36	+10	26
III.	19	+16	18	-17	2	-33	6	-29	35
IV.	35	-7	132	+90	75	+33	22	-20	42
V.	112	+50	141	+79	1	-61	53	-9	62
VI.	63	+4	64	+5	148	+89	46	-13	59
VII.	60	+12	123	+75	46	-2	27	-21	48
VIII.	38	-15	147	+94	21	-32	62	+9	53
IX.	51	+5	44	-2	19	-27	75	+29	46
X.	5	-42	12	-35	43	-4	173	+126	47
XI.	39	-6	45	0	17	-28	36	-9	45
XII.	9	-31	0	-40	25	-15	43	+3	40
Év	505	-25	773	+243	464	-66	616	+86	530
okt. - jún.	417	+34	445	+72	351	-32	284	-99	383
ápr. - szept.	359	+49	651	+341	310	0	285	-25	310

D = eltérés az 50 éves átlagtól (mm).

terméseredményekben mutatkozott meg, a takarmányborsó magkötését a csapadékos nyár akadályozta. A kísérleti időszak 3., de különösen a 4. éve száraz volt, mindkét termesztési szezonban főleg a kritikus periódusok alatt volt kevés és rapszodikus eloszlású csapadék.

Terméseredmények

A csernozjom-jellegű homoktalajon búza-kukorica dikulturával beállított I. kísérlet első 4 évének terméseredményeit a 4. táblázatban foglaltuk össze. Az átlagos terméseredmények alakulásában a csapadékviszonyok jelentős szerepet játszottak, kedvező időjárási viszonyok mellett 40 – 45 q/ha búza szemtermés érhető el, ami száraz szezonban kb. 10 q/ha-ral kevesebb. A kukorica szemtermése kedvező körülmények között meghaladta a 70 – 75 q/ha-t, ellenkező esetben (3. év) jelentősen kisebb terméseredményeket állapíthattunk meg. A fő és melléktermések arányát a termesztési szezon alatt hullott nagyobb csapadék a melléktermések javára tolta el, szárazabb szezonokban a búza és a kukorica szemtermése felülmúlta a szalma- illetve szárhozamokat. A kontrollhoz képest valamennyi műtrágyakezelés megbízhatóan termésnövelő volt, szignifikáns káliumhatásokat azonban csak néhány esetben állapíthattunk meg; a kísérlet első évében a búza szalmahozamában és a 3. évben a kukorica szemtermésében, mindkét esetben a K_{120} adagnál.

Az 5. táblázat a gyengén humuszos homoktalajon búza–takarmányborsó dikulturával beállított II. kísérlet első 4 évének terméseredményeit tartalmazza. Feltűnően kis takarmányborsó szemterméseket állapíthattunk meg a kísérlet 2. évében aránylag jelentős szárhozam mellett, valószínűleg a virágzáskor hullott igen bőséges csapadék következtében. Kedvező körülmények között (1. év) erodált meszes homoktalajon is 35 q/ha körüli búza szemtermés volt elérhető, száraz aszályos szezonban jóval kevesebb.

A búza szem-szalmaarány az I. kísérlethez hasonlóan követte a csapadékeloszlás alakulását. Megbízható műtrágyázás a takarmányborsónak sem

4. táblázat

A búza—kukorica kísérlet terméseredményei (I. kísérlet, q/ha)

(1) Kezelések, kg/ha/év	(2) Búza, 1971		(3) Kukorica, 1972		(3) Kukorica, 1973		(2) Búza, 1974	
	szem	szalma	szem	szár	szem	szár	szem	szalma
Kontroll	25,5	23,4	39,6	55,2	24,1	19,1	13,4	8,6
$N_{100}P_{60}K_0$	41,7	47,6	67,1	74,2	36,1	35,8	27,8	22,3
K_{40}	41,0	48,3	63,9	64,8	39,1	37,4	28,1	22,5
K_{80}	39,6	45,8	64,9	69,1	41,2	34,2	27,3	20,5
K_{120}	43,7	55,2	69,8	83,8	60,8	47,4	35,8	26,6
$N_{200}P_{120}K_0$	42,9	51,2	74,0	81,4	41,2	38,2	31,9	28,4
K_{40}	42,3	45,2	73,2	74,0	41,7	40,8	32,0	26,6
K_{80}	44,1	54,6	73,9	79,6	44,0	41,6	32,1	28,6
K_{120}	44,9	57,8	76,2	89,2	59,4	48,5	38,8	30,2
K_{160}	45,2	50,4	75,0	90,4	48,2	43,6	33,6	29,2
SzD _{5%}	7,0	6,0	10,5	33,8	19,7	17,9	8,7	5,6

5. táblázat

A búza—takarmányborsó kísérlet terméseredményei (II. kísérlet, q/ha)

(1) Kezelések, kg/ha/év	(2) Búza, 1971		(3) Takarmányborsó, 1972		(2) Búza, 1973		(3) Takarmányborsó, 1974	
	szem	szalma	szem	szár	szem	szalma	szem	szár
Kontroll	17,1	16,4	8,7	53,7	15,7	10,7	20,9	40,9
N _{100/50} P ₆₀ K ₀	27,0	30,9	9,0	57,8	22,0	20,4	16,0	37,4
K ₄₀	30,8	30,6	11,3	58,6	29,3	24,4	20,9	37,1
K ₈₀	34,6	35,2	13,5	64,8	29,8	24,9	22,1	45,3
K ₁₂₀	30,9	37,0	9,8	62,7	24,8	21,6	17,3	35,7
N _{200/100} P ₁₂₀ K ₀	35,4	39,2	11,1	64,9	23,5	24,4	17,4	42,1
K ₄₀	38,7	38,0	11,2	67,8	29,3	29,1	19,0	40,8
K ₈₀	30,6	35,4	9,4	47,9	17,0	17,7	12,3	39,0
K ₁₂₀	33,8	34,3	10,3	65,2	26,4	24,0	20,2	43,9
K ₁₆₀	43,2	44,5	12,7	66,5	30,8	32,0	17,0	38,5
SzD _{5%}	9,3	8,5	n. sz.	n. sz.	12,8	8,9	n. sz.	n. sz.

6. táblázat

A kálium műtrágyázás hatékonysága: szemterméstöbblet (q/ha)

(1) Kezelések, kg/ha/év	(2) I. kísérlet				(3) II. kísérlet			
	búza	kukorica	kukorica	búza	búza	takarmány- borsó	búza	takarmány- borsó
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₀	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₄₀	-0,7	-3,2	3,0	0,3	3,8	2,3	7,3	4,9
K ₈₀	-2,1	-2,2	5,1	-0,5	7,6	4,5	7,8	6,1
K ₁₂₀	2,0	2,7	24,7	8,0	3,9	0,8	2,8	1,3
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₀	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₄₀	-0,6	-0,8	0,5	0,1	3,3	0,1	5,8	1,6
K ₈₀	1,2	-0,1	2,8	0,2	-4,8	-1,7	-6,5	-5,1
K ₁₂₀	2,0	2,2	18,2	6,9	-1,8	-0,8	2,9	2,8
K ₁₆₀	2,3	1,0	7,0	1,7	7,8	1,6	7,3	-0,4
SzD _{5%}	7,0	10,5	19,7	8,7	9,3	—	12,8	—

a szemtermésében, sem a szárhozamában nem mutatható ki. A nagy szórás miatt a búzánál is csak a kontrollhoz viszonyított műtrágyahatások szignifikánsak, a káliumhatás, bár néhány nagyobb K-adagnál jelentősnek tűnhet, nem éri el a megbízhatóság alsó határát.

A kálium műtrágyázás hatékonyságát jelző szemterméstöbbleteket a 6. táblázatban foglaltuk össze. Az adatokból látható, hogy az NP-szintek nagysága lényegesen nem befolyásolták a kálium műtrágya adagok hatékonyságát. Megbízható kálium hatás a legtöbb jelzőnövényenél nem mutatható ki, a kukorica (*Mv 530*) valamivel jobban reagált a kálium műtrágyázásra a szemtermés eredményekben, mint a búza (*Jubilejnaja*).

A fő- és melléktermékek tápanyagtartalma

Megvizsgáltuk a tartamkísérletekben szerepelt növények fő- és mellékterméseinek tápanyagtartalmát. A 7. táblázatban a kísérleti növények nitrogéntartalmát mutatjuk be. Az adatokat N %-ban adtuk meg 86 %-os szárazanyagra vonatkoztatva. Az éghajlati tényezők hatását vizsgálva a növények N-tartalmára megállapítható, hogy a kedvező csapadékos körülmények hatására mért nagyobb termések N-tartalma általában elmarad a szárazabb időszakok értékei mögött. Ez elsősorban az I. kísérlet kukorica és a II. kísérlet búza fő- és mellékterméseinek nitrogén tartalmában jutott kifejezésre. A csernozjom-jellegű homoktalajon az őszi búza N-értékeiben ez a klímahatás nem tükröződött. A nagyobb NP-szint a kontrollhoz és a kisebb NP-szinthez viszonyítva általában növelte a nitrogéntartalmat, a takarmányborsó kivételével. A kálium műtrágya adagok hatására a növények nitrogéntartalma alig változott, az N % értékek szezonális változása jóval jelentősebb.

7. táblázat

A kísérleti növények nitrogéntartalma (N%) az I. és II. kísérletben

I. kísérlet								
(1) Kezelések, kg/ha/év	(2) Búza		(3) Kukorica		(3) Kukorica		(3) Búza	
	szem	szalma	szem	szár	szem	szár	szem	szalma
Kontroll	1,46	0,30	0,86	0,47	1,13	0,37	1,56	0,26
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₀	1,70	0,46	0,94	0,50	1,58	0,72	1,62	0,31
K ₄₀	1,68	0,42	1,06	0,67	1,63	0,74	1,67	0,31
K ₈₀	1,65	0,48	0,97	0,67	1,51	0,71	1,52	0,28
K ₁₂₀	1,72	0,44	1,23	0,70	1,56	0,59	1,72	0,33
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₀	1,76	0,51	1,23	0,57	1,49	0,71	1,92	0,46
K ₄₀	1,77	0,52	1,30	0,66	1,61	0,82	1,95	0,48
K ₈₀	1,94	0,60	1,23	0,63	1,65	0,79	1,90	0,45
K ₁₂₀	1,88	0,61	1,28	0,66	1,66	0,84	1,93	0,40
K ₁₆₀	1,94	0,52	1,33	0,70	1,59	0,92	1,94	0,36
II. kísérlet								
(1) Kezelések, kg/ha/év	(2) Búza		(4) Takarmányborsó		(2) Búza		(4) Takarmányborsó	
	szem	szalma	szem	szár	szem	szalma	szem	szár
Kontroll	1,52	0,26	2,80	0,99	1,49	0,23	2,81	1,08
N _{100/50} P ₆₀ K ₀	1,46	0,24	2,93	1,09	2,03	0,37	2,96	0,94
K ₄₀	1,36	0,30	2,75	1,06	1,99	0,40	3,09	1,06
K ₈₀	1,47	0,28	2,75	0,85	1,93	0,39	3,01	0,99
K ₁₂₀	1,36	0,24	2,86	1,16	1,95	0,40	2,88	0,93
N _{200/100} P ₁₂₀ K ₀	1,83	0,51	2,77	1,06	2,25	0,35	2,95	1,06
K ₄₀	1,76	0,51	2,91	1,07	2,17	0,37	2,98	1,09
K ₈₀	1,73	0,48	2,79	1,18	2,27	0,60	3,08	1,08
K ₁₂₀	1,69	0,44	2,89	1,04	2,18	0,64	3,18	0,96
K ₁₆₀	1,74	0,41	2,77	1,14	2,23	0,64	3,16	1,03

8. táblázat

A kísérleti növények foszfortartalma (P_2O_5 %) az I. és II. kísérletben

I. kísérlet								
(1) Kezelések, kg/ha/év	(2) Búza		(3) Kukorica		(3) Kukorica		(2) Búza	
	szem	szalma	szem	szár	szem	szár	szem	szalma
Kontroll	0,74	0,26	0,57	0,27	0,65	0,18	0,49	0,10
$N_{100}P_{60}K_0$	0,76	0,20	0,64	0,30	0,59	0,25	0,55	0,12
K_{40}	0,78	0,13	0,69	0,29	0,58	0,19	0,60	0,11
K_{80}	0,79	0,18	0,62	0,29	0,56	0,13	0,64	0,12
K_{120}	0,78	0,13	0,66	0,30	0,58	0,14	0,73	0,13
$N_{200}P_{180}K_0$	0,72	0,24	0,69	0,39	0,64	0,19	0,70	0,14
K_{40}	0,74	0,30	0,66	0,27	0,62	0,20	0,60	0,14
K_{80}	0,76	0,26	0,74	0,25	0,61	0,21	0,61	0,10
K_{120}	0,75	0,26	0,67	0,31	0,67	0,23	0,70	0,11
K_{160}	0,77	0,21	0,76	0,27	0,60	0,25	0,61	0,09

II. kísérlet								
(1) Kezelések kg/ha/év	(2) Búza		(4) Takarmányborsó		(2) Búza		(4) Takarmányborsó	
	szem	szalma	szem	szár	szem	szalma	szem	szár
Kontroll	0,78	0,17	0,78	0,27	0,59	0,07	0,54	0,24
$N_{100/50}P_{60}K_0$	0,76	0,18	0,82	0,30	0,61	0,09	0,59	0,25
K_{40}	0,74	0,18	0,76	0,26	0,60	0,06	0,58	0,26
K_{80}	0,79	0,16	0,84	0,26	0,53	0,08	0,58	0,25
K_{120}	0,84	0,19	0,78	0,29	0,55	0,07	0,56	0,27
$N_{200/100}P_{120}K_0$	0,76	0,18	0,76	0,33	0,54	0,09	0,61	0,24
K_{40}	0,78	0,17	0,90	0,32	0,50	0,08	0,62	0,26
K_{80}	0,80	0,19	0,77	0,30	0,52	0,11	0,70	0,25
K_{120}	0,74	0,18	0,82	0,26	0,50	0,10	0,61	0,27
K_{160}	0,75	0,21	0,79	0,27	0,51	0,12	0,64	0,24

A kísérleti növények foszfortartalmát a 8. táblázat mutatja be. A tartamkísérletekben szerepelt növények fő- és melléktermésének foszfortartalmát P_2O_5 %-ban 86 %-os szárazanyagtartalomra vonatkoztatva adjuk meg. A búza és kukorica szemtermések foszfortartalmát az éghajlati hatások a N-tartalom változásával ellentétesen befolyásolták. Kedvező csapadékeloszlású szezonban nagyobb foszfortartalom volt megállapítható, mint a száraz aszályos években. Ez a változás a szalma- és szárhozamok foszfortartalmában is kimutatható a takarmányborsó kivételével, ahol a klímahatás csak a szemtermés átlagos P_2O_5 tartalmában jelentkezett. A műtrágyakezelések lényegesen nem befolyásolták a kísérleti növények foszfortartalmát, sem a két különböző foszforműtrágya szint, sem a különböző káliumműtrágyázás nem eredményezett határozottan kimutatható változásokat.

A 9. táblázat a kísérleti növények káliumtartalmát ismerteti, az adatokat K_2O %-ban 86 %-os szárazanyagtartalomra vonatkoztatva adjuk meg. Az eltérő csapadékeloszlás hatása a tartamkísérletek növényeinek káliumtartalmában is megnyilvánul. A búza szem- és szalma-, valamint a takar-

9. táblázat

A kísérleti növények káliumtartalma (K_2O %) az I. és II. kísérletben

I. kísérlet								
(1) Kézelések, kg/ha/év	(2) Búza		(3) Kukorica		(3) Kukorica		(2) Búza	
	szem	szalma	szem	szár	szem	szár	szem	szalma
Kontroll	0,48	0,94	0,32	1,16	0,35	1,02	0,46	0,73
$N_{100}P_{60}K_0$	0,50	0,92	0,33	1,32	0,34	0,98	0,36	0,98
K_{40}	0,51	0,89	0,39	1,57	0,36	1,50	0,40	0,59
K_{80}	0,52	1,00	0,31	1,54	0,37	1,56	0,35	0,62
K_{120}	0,49	0,96	0,33	1,59	0,37	1,84	0,43	0,77
$N_{200}P_{120}K_0$	0,50	0,97	0,37	1,53	0,35	0,80	0,52	0,59
K_{40}	0,51	0,89	0,34	1,69	0,37	0,84	0,40	0,60
K_{80}	0,49	1,06	0,36	1,58	0,35	1,44	0,38	0,80
K_{120}	0,52	1,16	0,34	1,42	0,36	1,74	0,41	0,82
K_{160}	0,50	1,13	0,33	1,80	0,38	1,80	0,40	0,83

II. kísérlet								
(1) Kézelések, kg/ha/év	(2) Búza		(4) Takarmányborsó		(2) Búza		(4) Takarmányborsó	
	szem	szalma	szem	szár	szem	szalma	szem	szár
Kontroll	0,50	0,88	1,28	1,24	0,40	0,65	0,91	0,54
$N_{100/50}P_{60}K_0$	0,52	0,88	1,34	1,29	0,42	0,56	0,92	0,55
K_{40}	0,51	0,82	1,26	1,24	0,40	0,53	0,95	0,96
K_{80}	0,49	0,85	1,27	1,45	0,39	0,57	0,92	1,02
K_{120}	0,51	0,82	1,33	1,38	0,42	0,59	0,92	1,39
$N_{200/100}P_{120}K_0$	0,50	0,82	1,32	1,34	0,39	0,60	0,90	0,84
K_{40}	0,49	0,89	1,28	1,28	0,40	0,61	0,95	0,94
K_{80}	0,52	0,83	1,29	1,45	0,38	0,76	0,94	1,24
K_{120}	0,50	0,90	1,30	1,50	0,37	0,75	0,94	1,27
K_{160}	0,51	0,88	1,32	1,34	0,40	0,74	0,98	1,50

mányborsó szem- és szártermésének átlagos káliumtartalma, a foszfortartalom alakulásához hasonlóan, a kedvező csapadékviszonyú években volt nagyobb. Ez a különbség általában nem jelentős, de határozottan kimutatható. A tartamkísérletekben az időjárás hatása sem a kukoricaszem, sem a szár átlagos káliumtartalmában nem jelentkezett.

A különböző adagú kálium műtrágyázás hatása a kísérleti növények szalma- illetve szárhozamában volt kimutatható. A szemtermések káliumtartalmát a kálium műtrágyázás nem befolyásolta, de a kukorica és takarmányborsó szárának káliumtartalma jelentősen nagyobb lett a kálium műtrágyázás hatására. A takarmányborsó szárhozamában ez a növekedés mindenképp a száraz 4. évben mutatható ki.

Kisparcellás tartamkísérletünket csernozjomjellegű humuszos homoktalajon és erodált gyengén humuszos meszes homoktalajon állítottuk be. Tekintettel arra, hogy a két kísérlet egymás közvetlen közelében helyezkedik el, és a kísérlet első évében azonos jelzőnövény szerepelt, lehetőség nyílik a talajtulajdonságok hatásának bemutatására. Ezért a 10. táblázatban a két

10. táblázat

Talajtulajdonságok hatása a búza terméseredményeire és tápanyagtartalmára (I–II. kísérlet)

(1) Kezelések	(2) Különbség, q/ha		N %		P ₂ O ₅ %		K ₂ O %	
	(3) szem	(4) szalma	(3) szem	(4) szalma	(3) szem	(4) szalma	(3) szem	(4) szalma
Kontroll	8,4	7,0	–0,06	0,04	–0,04	0,09	–0,02	0,05
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₀	14,7	16,7	0,24	0,22	0,00	0,02	–0,02	0,11
K ₄₀	10,2	17,7	0,28	0,12	0,04	–0,05	0,00	0,07
K ₈₀	5,0	10,6	0,19	0,20	0,00	0,02	0,03	0,15
K ₁₂₀	12,8	18,2	0,36	0,20	–0,06	–0,06	–0,02	0,14
N ₁₀₀ P ₆₀ átlag	10,7	15,8	0,27	0,18	–0,01	–0,02	0,00	0,12
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₀	7,3	12,0	–0,09	0,00	–0,04	0,06	0,00	0,15
K ₄₀	3,6	7,2	0,01	0,01	–0,04	0,13	0,02	0,00
K ₈₀	13,5	19,2	0,21	0,12	–0,04	0,07	–0,03	0,23
K ₁₂₀	11,1	23,5	0,19	0,17	0,01	0,08	0,02	0,26
N ₂₀₀ P ₁₂₀ átlag	9,0	15,5	0,08	0,08	–0,03	0,08	0,00	0,16
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₁₆₀	2,0	5,9	0,20	0,11	0,02	0,00	–0,01	0,25

eltérő termékenységű homoktalajon az őszi búza terméseredményeiben és tápanyagtartalmában mért (I.–II. kísérlet) különbségeket mutatjuk be. Kedvezően csapadékos szezonban is az erodált meszes homoktalajon átlagosan mintegy 10 q/ha szemterméssel kevesebb termett, mint a csernozjomjellegű homoktalajon. A két talaj közötti különbség (1. táblázat) elsősorban a humuszszint vastagságában, a humusztartalomban és a CaCO₃-tartalomban nyilvánul meg, és minden valószínűség szerint a talajok vízgazdálkodásában. A szelerózió jelentősen csökkentette a homoktalaj szervesanyagkészletét, felszínre juttatva az alsóbb meszesebb rétegeket, így a talaj termékenysége kisebb lett, ami jelentős búzatermés-különbségben jutott kifejezésre. A szalmahozamban kimutatható csökkenés felülmúlta a szemtermés különbségeket, átlagosan mintegy 15 q/ha-ra tehető. Nagy különbség jelentkezett a szem és szalma N-tartalmában, ami egyúttal a termés nyers fehérje tartalmában és hozamában is meg nyilvánul. A termések foszfor- és káliumtartalmában lényeges különbség nem jelentkezett a talajtulajdonságok hatására.

A kísérleti növényekkel kivont foszfor és kálium mennyisége, tápanyagmérleg

A kísérletekben használt foszfor és kálium műtrágyázás érvényesüléséről jó képet kapunk, ha összehasonlítjuk a különböző kezelések hatására kivont foszfor és kálium mennyiségeket, kiszámítjuk a kísérletek foszfor- és kálium-mérlegét, és megvizsgáljuk a talajok felvehető PK-tartalmában végbement változásokat. A 11. táblázatban bemutatjuk a kálium műtrágyázás hatását a növények fő- és mellékterméseivel 4 év alatt kivont foszfor és kálium mennyiségére. Mindkét kísérletben a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan több foszfort vontak ki a jelzőnövények, de a két foszfor műtrágyaadag (P₆₀ és P₁₂₀) között szignifikáns különbség csak a csernozjom jellegű humuszos homokon (I. kísérlet) állapítható meg. A kálium műtrágyázás kis-

11. táblázat

A kálium műtrágyázás hatása a növények által kivont foszfor és kálium mennyiségére (kg/ha)

(1) Kezelések, kg/ha/év	I. kísérlet				II. kísérlet			
	Foszfor, P ₂ O ₅		Kálium, K ₂ O		Foszfor, P ₂ O ₅		Kálium, K ₂ O	
	kivont	D ₁	kivont	D ₂	kivont	D ₁	kivont	D ₂
Kontroll	89	—	158	—	69	—	157	—
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₀	155	66	271	—	84	15	183	—
K ₄₀	151	62	300	29	92	23	210	27
K ₈₀	147	58	299	28	103	34	253	70
K ₁₂₀	182	93	385	114	93	24	238	56
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₀	197	108	320	—	97	28	231	—
K ₄₀	187	98	304	—16	108	39	243	12
K ₈₀	195	106	368	48	82	13	202	—29
K ₁₂₀	220	131	418	98	95	26	264	33
K ₁₆₀	207	118	422	102	108	39	282	39
SzD _{5%}	26		58		9		16	

D₁ = többlet a kontrollhoz; D₂ = többlet az NP-kezelésekhez

mértékben növelte a növényekkel kivont foszfor mennyiségét, elsősorban a kisebb NP szinten.

A kísérleti növényekkel kivont káliummennyiséget a kálium műtrágyázás jelentősen növelte. Az I. kísérletben csak a nagyobb a K₁₂₀ és K₁₆₀ adagok hatása szignifikáns, a II. kísérletben az N₁₀₀P₆₀ szinten már a kisebb adagú kálium műtrágyázás is megbízhatóan növelte a növényekkel kivont káliummennyiséget. A kálium műtrágyázás hatására jelentkezett kivont K-többleteket az NP-szintek csak kismértékben befolyásolták.

12. táblázat

Foszfor- és kálium-mérleg a tartamkísérletek első 4 éves szakasza után

(1) Kezelések; műtrágya adagok 4 év alatt	I. kísérlet, mérleg, kg/ha		II. kísérlet, mérleg, kg/ha	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kontroll	—89	—158	—69	—157
N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₀	85	—271	156	—183
K ₁₆₀	89	—140	148	—50
K ₃₂₀	93	21	137	67
K ₄₈₀	58	95	147	142
N ₈₀₀ P ₄₈₀ K ₀	283	—320	383	—231
K ₁₆₀	293	—144	372	—83
K ₃₂₀	285	—48	398	118
K ₄₈₀	260	62	385	216
K ₆₄₀	273	218	372	358
P ₂₄₀ átlag	81	—	147	—
P ₄₈₀ átlag	279	—	384	—

13. táblázat

A foszfor- és káliumműtrágyázás hatása a talajok AL-oldható P- és K-tartalmára (mg %)

(1) Kezelések, kg/ha/év	I. kísérlet				II. kísérlet			
	Foszfor, P ₂ O ₅		Kálium, K ₂ O		Foszfor, P ₂ O ₅		Kálium, K ₂ O	
	mg %	D ₁	mg %	D ₂	mg %	D ₁	mg %	D ₂
Kontroll	7,0	—	5,4	—	8,6	—	4,9	—
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₀	9,6	2,6	5,3	—	9,9	1,3	5,4	—
K ₄₀	9,5	2,5	5,2	—0,1	9,7	1,1	5,8	0,4
K ₈₀	9,7	2,7	6,6	1,3	9,6	1,0	7,2	1,8
K ₁₂₀	9,6	2,6	6,6	1,3	9,2	0,6	8,0	2,6
N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₀	11,4	4,4	5,4	—	12,3	3,7	5,6	—
K ₄₀	12,2	5,2	6,2	0,8	11,9	3,3	6,6	1,0
K ₈₀	13,8	6,8	7,1	1,7	13,8	5,2	8,0	2,4
K ₁₂₀	11,3	4,3	7,8	2,4	12,3	3,7	8,4	2,8
K ₁₆₀	12,8	5,8	8,0	2,6	12,7	4,1	9,4	3,8
SzD _{5%}	2,7		1,1		2,4		1,5	

D₁ = különbség a kontrollhoz; D₂ = különbség az NP-kezelésekhez

A két tartamkísérlet első négyéves szakaszában megállapított foszfor- és kálium-mérleget a 12. táblázatban mutatjuk be. A kísérletek foszfor mérlege természetesen a kontroll kivételével, valamennyi kezelésben pozitív. Az I. kísérletben a jelzőnövények az adott foszfor műtrágya 66 %-át hasznosították a P₆₀/év szinten, a nagyobb P₁₂₀/év foszforműtrágya szinten a hasznosulás mértéke 39 %. A meszes erodált homoktalajon beállított II. kísérletben a kísérleti növények a foszfor műtrágya 39 %-át (P₆₀/év) illetve 20 %-át (P₁₂₀/év) vonták ki. A meszes gyengén humuszos talajon (II. kísérlet) a foszfor műtrágya jóval nagyobb része maradt vissza a talajban, kisebb részét hasznosították a növények, mint a csernozjom-jellegű humuszos homoktalajon.

A kísérletek kálium mérlege a kontroll kezelésben és a kisadagú K-műtrágyázásnál negatív, majd a K-adagok növekedésével fokozatosan pozitív lesz, közelítőleg arányosan a kálium műtrágya mennyiségével. Az NP (K₀) kontroll kísérleti növényei jelentős mennyiségű káliumot vontak ki a talajból, a nagyobb K-műtrágya adagok esetében (K₁₂₀ és K₁₆₀/év) viszont jelentős mennyiségű kálium maradt vissza a talajban. A kálium-mérleg alakulását az NP szintek befolyásolták. A meszes erodált homoktalajon beállított II. kísérletben a kálium műtrágyák kisebb mértékben érvényesültek, több kálium maradt felhasználatlanul a talajban, mint a csernozjomjellegű humuszos homoktalajon az I. kísérletnél.

A 13. táblázatban a foszfor- és káliumműtrágyák hatását mutatjuk be a talajok AL-oldható foszfor- és kálium-tartalmára. A pozitív foszfor-mérleg adatoknak megfelelően a talajok AL-oldható foszfortartalma szignifikánsan növekedett a kontrollhoz viszonyítva a P₁₂₀/év adagoknál. Annak ellenére, hogy a meszes gyengén humuszos homoktalajon (II. kísérlet) jóval több foszfor műtrágya maradt vissza a talajban, az AL-foszfor értékek kisebb mértékben növekedtek, mint a csernozjomjellegű humuszos homoktalajon (I. kí-

sérlet), feltehetően a nagyobb foszfor fixáció következtében. Korábbi munkáinkban kimutattuk, hogy a foszfor műtrágyák lekötődése nagyobb mértékben megy végbe a meszes erodált gyengén humuszos homoktalajokon, mint a humuszos homoktalajokon [6, 7]. Az adatok ismeretében kiszámítható, hogy mennyi növények által fel nem használt foszforműtrágya eredményezett 1 mg AL-oldható foszfortartalom növekedést a talajokban: az évi \bar{P}_{120} szinten — ahol ez szignifikánsan kimutatható volt mindkét kísérletben — 74 kg P_2O_5 /ha a csernozjomjellegű homoktalajon és 113 kg P_2O_5 /ha az erodált gyengén humuszos homoktalajon.

Pozitív kálium-mérleg esetén a talajok AL-oldható káliumtartalma kismértékben, de szignifikánsan növekszik, a növekedés mértéke közelítőleg arányos a kálium műtrágya adagokkal. A meszes gyengén humuszos homoktalajon (II. kísérlet) az AL-oldható káliumtartalom lineárisan növekszik a K_0 kezeléshez számított K-mérleggel. A csernozjomjellegű humuszos homoktalajon ez a növekedés nem lineáris, telítésbe hajló görbével ábrázolható. Az 1 mg AL-oldható káliumtartalom növekedéséhez szükséges káliumműtrágya mennyisége csak nagy bizonytalansággal állapítható meg. A szignifikáns AL-oldható K-érték növekedést eredményező K-kezeléseket átlagolva az I. kísérletben 211 kg (159 és 282 szélsőértékekkel), míg a II. kísérletben 138 kg (124 és 145 szélsőértékek) K_2O — műtrágya adott 1 mg növekedést. Látható, hogy a szórás mértéke a meszes gyengén humuszos homoktalajon jóval kisebb és a foszfor értékekkel ellentétben ezen a talajon kevesebb műtrágya idézett elő egységnyi növekedést az AL-káliumtartalomban. Sem az NP-szint nagysága, sem a K-műtrágya adagok nem befolyásolták határozott tendenciával ezeket az értékeket, ezért is vált lehetségessé az átlagolás. Hozzá kell tennünk azonban, hogy biztosabb adatokat csak hosszabb ideig és több helyen végzett K-mérleg kísérletek értékeléséből kaphatunk.

Összefoglalás

Különböző adagú (40, 80, 120 és 160 kg K_2O /ha) kálium műtrágyázás hatékonyságát $N_{100}P_{60}$ és $N_{200}P_{160}$ szinten búza — kukorica — kukorica — búza forgóban csernozjomjellegű humuszos homoktalajon és búza — takarmányborsó forgóban, meszes erodált gyengén humuszos homoktalajon vizsgáltuk. A kisparcellás tartamkísérletek első négyéves szakaszában jelentős kálium műtrágya hatás még nem alakult ki. Megbízható hatás a 3. évtől kezdve nagyobb, 120 ill. 160 kg K_2O /ha adagnál volt kimutatható a kukorica és búza terméseredményeiben. A takarmányborsó szemtermésében és szárhozamában szignifikáns műtrágyahatás nem volt kimutatható. A kísérleti növények tápanyagtartalmában jelentős szezion-hatás állapítható meg, kálium műtrágyázással elsősorban a kukoricaszár és a búzaszalma K-tartalma növekedett. Az erodált meszes homoktalaj kisebb termékenysége átlagosan mintegy 10 q/ha búza szemtermés különbségben jutott kifejezésre a csernozjomjellegű humuszos homoktalajhoz viszonyítva. Pozitív foszfor- és kálium-mérleg esetén a talajok ammóniumlaktát oldható PK-tartalma szignifikánsan növekedett. A kálium műtrágyázás a búza — kukorica forgóban a növényekkel kivont kálium mennyiséget nagyobb mértékben növelte, mint a terméseredményeket és nagyobb mértékben, mint a búza — takarmányborsó forgóban. A műtrágyák hatékonysága meszes erodált homoktalajon kisebb, mint a csernozjomjellegű humuszos, nem vagy alig erodált homoktalajon.

Irodalom

- [1] ARNON, J.: Mineral nutrition of maize. Intern. Potash Inst. Bern. 1975.
- [2] BRUCHOLZ, H.: Einfluss langjähriger Kalidüngung auf Boden und Pflanze. Kali-Mitteilungen. **21**. (1) 1-79. 1976.
- [3] GÖRLITZ, H. & SPECHT, G.: Möglichkeiten der Kaliumvorsatzdüngung auf sandigen Böden. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde. **18**. 529-539. 1974.
- [4] KOZÁK, M.: Migration and fixation of potassium in sandy soils of Hungary. Potash Review (11) 4/54 1973.
- [5] KOZÁK, M. & EGRSZEGI, S.: Data on the potassium cycle of some Hungarian sandy soils. Potassium Res. and Agric. Prod. 103-109 (10th Congr. of I.P.I. 1974. Budapest) Der Bund. Bern. 1975.
- [6] KOZÁK, M., EGRSZEGI, S. & SZEMES, I.: The influence of soil properties on the efficiency of phosphorus fertilizers in the case of calcareous sandy soils in Hungary. Probl. kontrole plodnosti zeml. upotr. dubr. Naucni Simp. Zemun. 1973.
- [7] KOZÁK, M. & SZEMES, I.: Effektivnoszt' kalijnüh udobrenij na peszcsanüh pocsvah. VIII. Mezsdunarodnűj Kongr. po Min. udobr. Dokl. **1**. (1) 59-67. 1976.
- [8] LANG, I.: Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. Akad. Doktori disszertáció. Budapest. 1973.
- [9] NIKITISEN, V. J.: Uszlovija mineralnogo pitaniya otzűvesinoszt' ozimoj psenicű na kalijnűe pitanie. Agrohimiya. (2) 40-47. 1975.
- [10] SEMPEL, V. J. & DOROHOV, V. J.: Vlijanie szisztēm udobrenija na urozsaj szel'sz-kohozjajszűvennűh kultur, iszpolzovanie rosztēnijami kaliya: szoderzsanie ego v pocsvē. Agrohimiya. (10) 66-73. 1974.
- [11] TISDALE, L. S. & NELSON, L. W.: Soil fertility and fertilizers. MacMillan. New York. 1966.

Érkezett: 1977. február 25.

Responses of Yields and Nutrient Contents of Wheat, Maize and Cow-Pea to Potassium Fertilization

M. KOZÁK

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The efficiency of potassium fertilization (40-80-120-160 kg K₂O/ha) was investigated at N₁₀₀P₆₀ and N₂₀₀P₁₆₀ kg/ha nutrient levels in two field experiments. The problem was studied in the Experiment I. on a chernozem sandy soil in wheat-maize-maize-wheat crop rotation in the Experiment II. on an eroded calcareous humous sand in wheat-pea-wheat-pea crop rotation. Significant differences in the yields of wheat and maize due to potassium fertilization developed only from the third year at the 120 and 160 kg K₂O/ha doses. No significant response of the corn and stalk yield of cow-pea was experienced to the potassium fertilization.

There were significant effects of the different years on the nutrient content of the test plants. The potassium fertilization increased first of all the potassium content of the stalk of maize and the straw of wheat.

The limited productivity of the eroded calcareous sandy soil produced in average 10 q/ha less corn yield of wheat than the chernozem humous sandy soil.

In the case of positive phosphorus and potassium nutrient balance the ammonium-lactate-soluble P and K contents of the soils were increased significantly. It means, that the fertility of the sandy soils can be improved by fertilization resulting positive nutrient balance in the soil.

The nutrient uptake in the wheat-maize rotation was better responded to potassium fertilization than the yield and better than in the wheat-pea rotation. The efficiency of the fertilization was less effective on the eroded calcareous sandy soil than on the non- or slightly eroded chernozem humous sandy soil.

Table 1. Agrochemical characteristics of the soils of the field experiments (mean of 40 data), (1) Experiment, a) Wheat-maize rotation, chernozem sandy soil, b) wheat-pea

rotation, calcareous humous sandy soil, (2) Sticky point according to Arany. (3) Depth of humus layer, cm. (4) Humus content, %. (5) Ammoniumlactate-soluble P_2O_5 and K_2O , mg/100 g soil.

Table 2. Fertilizer treatments in the field experiments (kg/ha), (1) Number and sign of the treatments. (2) Nitrogen* in autumn and spring. (3) Phosphorus in autumn. (4) Potassium in autumn. (5) Sum of the 4 years' doses,* cow-pea: N_{50} and N_{100} (N_{200} and N_{400} in 4 years).

Table 3. Annual precipitation (mm) in the first 4 years and the deviations (D) from the 50 years' average at Örbottyán. (1) Month. (2) Average of 50 years.

Table 4. Yields of the wheat-maize rotation (Experiment I), (q/ha). (1) Treatments, kg/ha/year. (2) Wheat, grain and straw. (3) Maize, grain and stalk.

Table 5. Yields of the wheat-pea rotation (Experiment II), (q/ha). (1) Treatments, kg/ha/year. (2) Wheat, grain and straw. (3) Pea, grain and stalk.

Table 6. Efficiency of the potassium fertilization: grain yield surpluses, q/ha. (1) Treatments, kg/ha/year. (2) Experiment I: plants see in Table 4. (3) Experiment II: plants see in Table 5.

Table 7. Nitrogen contents of the test plants (N%) in the Experiment I and II. (1) Treatments kg/ha/year. (2) Grain and straw of wheat. (3) Grain and stalk of maize. (4) Grain and stalk of pea.

Table 8. Phosphorus contents of the test plants ($P_2O_5\%$) in the Experiment I and II, signs see in Table 7.

Table 9. Potassium contents of the test plants ($K_2O\%$) in the Experiment I and II, signs see in Table 7.

Table 10. Effects of the soil characteristics on the yield and nutrient content of wheat in Experiment I and II. (1) Treatments. (2) Differences, in q/ha, between the yields of the chernozem sandy soil and the calcareous humous sandy soil. (3) Grain. (4) Straw.

Table 11. Effect of potassium fertilization on the phosphorus and potassium uptake (kg/ha) in the Experiment I and II. (1) Treatments, kg/ha/year. D_1 = Surplus to the control, D_2 = Surplus to the NP treatment.

Table 12. Phosphorus and potassium balance after the first 4 years in the soils of the Experiment I and II. (1) Treatments, fertilizer doses during the 4 years.

Table 13. Effect of the phosphorus and potassium fertilization on the AL-soluble phosphorus and potassium content of the soils of the field experiments. (1) Treatments, kg/ha/year. D_1 = difference to the control, D_2 = difference to the NP treatment.

Wirkung der Kaliumdüngung auf den Ertrag und den Nährstoffgehalt von Weizen, Mais und Futtererbsen

M. KOZÁK

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Zusammenfassung

Die Wirkung des K-Düngers in verschiedenen Gaben (40, 80, 120 und 160 kg K_2O /ha) wurde auf den Mineraldüngerstufen $N_{100}P_{60}$ und $N_{200}P_{160}$ bei einer Fruchtfolge von Weizen-Mais-Mais-Weizen auf einem tschernosjomartigen, humosen Sandboden (Versuch I) und bei einer Fruchtfolge von Weizen-Futtererbsen-Weizen-Futtererbsen auf einem kalkhaltigen, erodierten, schwach humosen Sandboden (Versuch II) untersucht. In der ersten vierjährigen Periode der Kleinparzellen-Dauerversuche haben sich noch keine bedeutenden K-Düngerwirkungen entwickelt, eine verlässliche K-Wirkung war vom dritten Versuchsjahr beginnend bei den grösseren Gaben von 120–160 kg K_2O /ha in den Ernteerträgen von Mais und Weizen aufzuweisen. Eine signifikante Düngerwirkung war weder im Kornertrag der Futtererbse noch in der Menge der Stengel nachweisbar. Im Nährstoffgehalt der Versuchspflanzen war eine bedeutende saisonale Wirkung festzustellen, der K-Gehalt der Maisstengel und des Weizenstrohs stieg infolge der K-Düngung an. Die geringere Produktivität des erodierten kalkhaltigen Sandbodens kam durchschnittlich in einem Weizenkornertrag von 10 dt/ha Unterschied zum Ausdruck im Verhältnis zu demjenigen des tschernosjomartigen, humosen Sandbodens. Im Falle einer positiven P- und K-Bilanz nahm der Ammoniumlaktat lösliche P- und K-Gehalt der Böden signifi-

kant zu, so kann der niedrige aufnehmbare Nährstoffgehalt der Sandböden durch eine positive Bilanz erzielende Mineraldüngung gesteigert werden und dadurch auch die Produktion erhöht werden. Die K-Düngung hat die durch die Pflanzen in der Fruchtfolge Weizen-Mais aufgenommene K-Menge in höherem Masse gesteigert, als die Ertragsergebnisse, und auch in höherem Masse, als dies in der Fruchtfolge Weizen-Futtererbsen der Fall war. Die Wirkung der Mineraldünger war auf dem kalkhaltigen, erodierten Sandboden geringer, als auf dem nicht oder kaum erodierten, tschernosjomartigen, humosen Sandboden.

Tab. 1. Wichtigere agrochemische Charakteristika der Böden der Kleinparzellenversuche (Mittelwert von je 40 Daten). (1) Bezeichnung des Versuches. a) Dikultur von Weizen-Mais auf tschernosjomartigem Sandboden. b) Dikultur von Weizen-Futtererbsen auf kalkhaltigem, schwach humosem Sandboden. (2) A_K = Bindigkeitszahl nach Arany. (3) Mächtigkeit der Humusschichte, cm. (4) Humus, %. (5) AL-löslicher P_2O_5 und K_2O mg%.

Tab. 2. Varianten der Kleinparzellen-Dauerversuche (kg/ha). (1) Zahl und Bezeichnung der Varianten. (2) N* im Herbst und im Frühjahr. (3) P im Herbst. (4) K im Herbst. (5) im Laufe von 4 Jahren insgesamt. * Futtererbsen: N_{50} und N_{100} (in 4 Jahren: N_{200} und N_{400}).

Tab. 3. Niederschlagsangaben, für die erste vierjährige Periode der Dauerversuche jährlich angegeben (mm) (Örbottyán) und Abweichung vom 50jährigen Durchschnitt (D). (1) Monat. (2) 50jähriger Durchschnitt.

Tab. 4. Ertragsergebnisse des Weizen-Mais-Versuches (Versuch I., dt/ha). (1) Varianten, kg/ha/Jahr. (2) Weizen, Korn, Stroh. (3) Mais, Korn, Stengel.

Tab. 5. Ertragsergebnisse des Weizen-Futtererbsen Versuches (Versuch II., dt/ha). (1) Varianten, kg/ha/Jahr. (2) Weizen, Korn, Stroh. (3) Futtererbsen, Korn, Stengel.

Tab. 6. Wirkung der K-Düngung: Kornmehrertrag dt/ha. (1) Varianten, kg/ha/Jahr. (2) Pflanzen des Versuches I. s. Tab. 4. (3) Pflanzen des Versuches II. s. Tab. 5.

Tab. 7. N-Gehalt der Versuchspflanzen (N%) in den Versuchen I. und II. (1) Varianten, kg/ha/Jahr. (2) Weizen, Korn, Stroh. (3) Mais, Korn, Stengel. (4) Futtererbsen, Korn, Stengel.

Tab. 8. P-Gehalt der Versuchspflanzen (P_2O_5 %) in den Versuchen I. und II. Bezeichnungen s. Tab. 7.

Tab. 9. K-Gehalt der Versuchspflanzen (K_2O %) in den Versuchen I. und II. Bezeichnungen s. Tab. 7.

Tab. 10. Wirkung der Bodeneigenschaften auf die Ertragsergebnisse und den Nährstoffgehalt des Weizens (Versuch I. und II.). (1) Varianten. (2) Unterschied (dt/ha) zwischen dem Ertrag des tschernosjomartigen und des kalkhaltigen, schwach humosen Sandbodens. (3) Korn. (4) Stroh.

Tab. 11. Wirkung des K-Düngers auf die durch die Pflanzen aufgenommene P- und K-Menge (kg/ha) in den Versuchen I. und II. (1) Varianten, kg/ha/Jahr. D_1 = Mehrertrag der Kontrolle gegenüber. D_2 = Mehrertrag der NP-Variante gegenüber.

Tab. 12. P- und K-Bilanz nach der ersten vierjährigen Periode der Dauerversuche in den Versuchen I. und II. (1) Varianten, Düngergaben in 4 Jahren insgesamt.

Tab. 13. Wirkung der P- und K-Düngung auf den AL-löslichen P- und K-Gehalt der Böden (mg%) in den Versuchen I. und II. (1) Varianten, kg/ha/Jahr. D_1 = Differenz der Kontrolle gegenüber. D_2 = Differenz der NP-Variante gegenüber.

Влияние калийных минеральных удобрений на урожай пшеницы, кукурузы и кормового гороха и на содержание в них питательных элементов

М. КОЗАК

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

На черноземовидной гумусированной песчаной почве в севообороте пшеница-кукуруза-кукуруза-пшеница (I. опыт) и на карбонатной эродированной слабогумусированной песчаной почве в севообороте пшеница — кормовой горох-пшеница-кормовой горох (II. опыт) изучали эффективность различных доз калийных минеральных удобрений

(40, 80, 120 и 260 кг/га K_2O вносимых на фоне $N_{100}P_{60}$ и $N_{200}P_{160}$. В первом четырехлетнем периоде мелкоделяночных опытов не наблюдали достоверного влияния калийных удобрений, их достоверное влияние в этих опытах начало проявляться с третьего года в урожаях пшеницы и кукурузы при внесении 120 или 160 кг/га K_2O . Калийные минеральные удобрения не оказали достоверного влияния на урожай зерна и сухого вещества кормового гороха. Содержание питательных веществ в подопытных растениях было подвержено значительным сезонным изменениям, при внесении калийных минеральных удобрений содержание калия увеличивалось, в первую очередь, в стеблях кукурузы и соломе пшеницы. На менее плодородных эродированных карбонатных песчаных почвах получили средние урожаи зерна пшеницы на 10 ц/га меньше по сравнению с урожаями, полученными на черноземовидных гумусированных песчаных почвах. При положительном балансе фосфора и калия в почвах повышалось содержание РК-растворимых в лактате аммония, таким образом, путем внесения минеральных удобрений, приводящих к положительному балансу питательных веществ, можно повысить в почвах содержание легкоусвояемых питательных элементов и улучшить их плодородие. В севообороте пшеница-кукуруза под влиянием внесения калийных минеральных удобрений в значительной степени увеличилось усвоенное растениями калия по сравнению с урожаями и, особенно, по сравнению с севооборотом пшеница-кормовой горох. Минеральные удобрения были менее эффективными на карбонатных эродированных песчаных почвах по сравнению с незероэродированными или слабо эродированными черноземовидными гумусированными песчаными почвами.

Табл. 1. Основные агрохимические показатели для почв мелкоделяночных опытов (средние данные из 40—40 данных). (1) Название опыта. а) Диккультура пшеница-кукуруза на черноземовидной песчаной почве. б) Диккультура пшеница-кормовой горох на слабогумусированной карбонатной почве. (2) Ак = число связности по Арань. (3) Мощность гумусового слоя в см. (4) Гумус в %. (5) P_2O_5 и K_2O , растворимые в АЛ, мг %.

Табл. 2. Варианты мелкоделяночных многолетних опытов (кг/га). (1) Номер варианта, обозначение. (2) Азот* осенью и весной. (3) Фосфор осенью. (4) Калий осенью. (5) Всего за четыре года. *Кормовой горох: N_{50} и N_{100} (за четыре года: N_{200} и N_{400}).

Табл. 3. Количество атмосферных осадков (в мм) в первом четырехлетнем периоде многолетних опытов (Эрботтъян) по отдельным годам и расхождение от средних пятидесятилетних данных (D). (1) Месяц. (2) Средние данные за 50 лет.

Табл. 4. Урожаи, полученные в севообороте пшеница-кукуруза (1. опыт ц/га). (1) Варианты кг/га/год. (2) Пшеница, урожай зерна и соломы в 1971 г. (3) Кукуруза, урожай стеблей и зерна в 1972 г.

Табл. 5. Урожаи, полученные в севообороте пшеница-кормовой горох (II. опыт ц/га). (1) Варианты кг/га/год. (2) Урожаи зерна и соломы пшеницы. (3) Урожаи стеблей и зерна кормового гороха.

Табл. 6. Эффективность калийных минеральных удобрений: прибавка урожая зерна (ц/га). (1) Варианты кг/га/год. (2) I. опыт: подопытные растения смотри в таблице 4. (3) II. опыт: подопытные растения смотри в таблице 4.

Табл. 7. Содержание азота в подопытных растениях в I. и II. опытах (N%). (1) Варианты кг/га/год. (2) Урожаи зерна и соломы пшеницы. (3) Зерно, стебли кукурузы. (4) Зерно, стебли кормового гороха.

Табл. 8. Содержание P_2O_5 в подопытных растениях (P_2O_5 в %) в I. и II. опытах. Обозначения смотри в таблице 7.

Табл. 9. Содержание калия в подопытных растениях (K_2O в %) в I. и II. опытах. Обозначения смотри в таблице 7.

Табл. 10. Влияние различных свойств почвы на урожай пшеницы и на содержание в ней питательных веществ (I. и II. опыты). (1) Варианты. (2) Разницы (ц/га) между урожаями, полученными на черноземовидной песчаной почве и на карбонатной слабогумусированной песчаной почве. (3) Зерно. (4) Солома.

Табл. 11. Влияние калийных минеральных удобрений на усвоение растениями фосфора и калия (кг/га) в I. и II. опытах. (1) Варианты кг/га/год. D_1 = прибавка по сравнению с контролем. D_2 = прибавка по сравнению с вариантами NP.

Табл. 12. Баланс фосфора и калия в первом четырехлетнем периоде многолетних опытов (I. и II. опыты). (1) Варианты, дозы минеральных удобрений за четыре года.

Табл. 13. Влияние фосфорных и калийных минеральных удобрений на содержание фосфора и калия, растворимых в АЛ (мг %), в I. и II. опытах. (1) Варианты кг/га/год. D_1 = разницы по сравнению с контролем. D_2 = разницы по сравнению с вариантами NP.